



XXIII CONGRESSO  
XXXVIII ENCONTRO ARQUISUR

A produção da Cidade Contemporânea no Cone Sul:  
desafios e perspectivas da Arquitetura e do Urbanismo

ISBN: 978-65-80968-09-1

Contenido energético y emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de un bloque de aulas taller de arquitectura. Modelo de evaluación y mejoramiento.

### Castiñeyra Ignacio 1

Estudiante de Arquitectura FAU-UNLP; Becario de entrenamiento en Investigación CIC.

[ignacio.castineyra@hotmail.com](mailto:ignacio.castineyra@hotmail.com)

### Burzio Luciano 2

Estudiante de Arquitectura FAU-UNLP; Becario de entrenamiento en Investigación FAU-UNLP.

[lucianoburzio@hotmail.com](mailto:lucianoburzio@hotmail.com)

### Coronel Augusto 3

Estudiante de Arquitectura FAU-UNLP. Becario EVC-CIN-UNLP.

[coro.arg@hotmail.com](mailto:coro.arg@hotmail.com)

### Basualdo David 4

Esp. Arquitecto FAU-UNLP; Docente FAU-UNLP; Becario Doctoral CONICET.

[davidbasualdo1@gmail.com](mailto:davidbasualdo1@gmail.com)

### Diulio María de la Paz 5

Dr. Arquitecta FAU-UNLP; Docente FAU-UNLP; Becaria Post Doctoral CONICET.

[mpdiulio@fau.unlp.edu.ar](mailto:mpdiulio@fau.unlp.edu.ar)

### Czajkowski Jorge 6

Dr. Ing. Arquitecto FAU-UNLP; Investigador independiente CONICET; Profesor titular FAU-UNLP.

[jdczajko@gmail.com](mailto:jdczajko@gmail.com)

EJE TEMÁTICO - Tecnologías y sustentabilidad en la producción de la ciudad sudamericana contemporánea.

## Introducción

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación denominado 11U/141 “Estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en edificios y ciudades” desarrollado en Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable de la FAU-UNLP.

Las construcciones en la Argentina se han desarrollado con pautas de diseño tecnológico definidas a partir de la sanción de la Ley Nacional 13.064 de 1947 sobre Obras Públicas en General. Sus modificaciones en el tiempo no se han centrado en actualizar el “modelo



ESCOLA DE ARQUITETURA DA UFMG  
Rua Paraíba, 697 – Funcionários Belo Horizonte/MG – Brasil  
[secreginal@arq.ufmg.br](mailto:secreginal@arq.ufmg.br) / + 55 031 3409-8830 / 3409-8870

tecnológico en la construcción de edificios” para que incluya la eficiencia energética y el uso racional de la energía. En 2003 se sancionó la Ley 13.059 (LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES., 2003), reglamentada en 2010 mediante el Decreto 1.030 (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, 2010). Dicha Ley indica que las edificaciones deberán garantizar un correcto aislamiento térmico acorde a las diversas variables climatológicas, a las características de los materiales a utilizar, a la orientación geográfica de la construcción u otras condiciones que se determinen por vía reglamentaria. El Decreto 1.030/10 prescribe el cumplimiento de las Normas IRAM referidas a acondicionamiento térmico de edificios (IRAM, 1996, 2001, 2002, 2010, 2012).

El análisis de ciclo de vida consiste en la recopilación y evaluación de las entradas y salidas de energía y los impactos ambientales potenciales de un sistema de cada producto a través de su vida útil (EN-ISO, 2006). El consumo energético de los materiales de construcción es la cantidad de energía consumida o que se estime necesaria para satisfacer su proceso productivo. Dicha magnitud se expresa en MJ/kg de material de construcción. La cantidad de emisiones de gas carbónico derivadas del proceso productivo de los materiales de construcción se denomina emisiones de CO<sub>2</sub>, y se expresa en kg CO<sub>2</sub>/kg de material de construcción (MERCADER MOYANO; OLIVARES SANTIAGO; RAMÍREZ DE ARELLANO AGUDO, 2010).

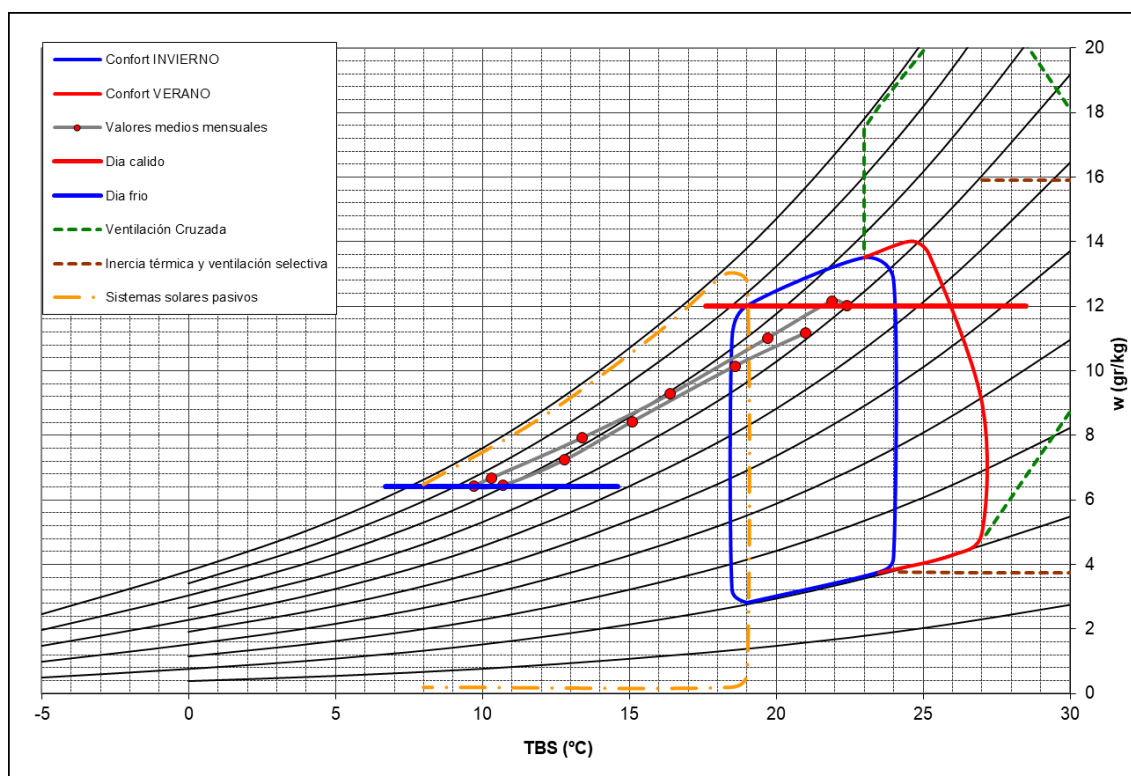
El objetivo de este trabajo es analizar y comparar el efecto de la incorporación de aislamiento térmico en un edificio educativo público y su efecto en la demanda de energía en calefacción, y sus consecuentes emisiones de CO<sub>2</sub>. Se propone encontrar la mejora necesaria para el cumplimiento de la ley bonaerense 13.059/03 a partir del conocimiento del ciclo de vida de los materiales que lo componen y su beneficio tanto en materia energética como ambiental.

Se presentan los resultados obtenidos a fin de mostrar que es posible plantear aulas de mejor desempeño, minimizando emisiones de CO<sub>2</sub> en su ciclo de vida, buscando desarrollar un modelo simplificado de evaluación, y mejoramiento térmico y energético que pueda ser contrastado con estándares internacionales.

## Caso de estudio

La ciudad de La Plata se ubica en la zona bioambiental IIIb, a 23m de altura sobre el nivel del mar, los veranos son relativamente calurosos con temperatura media de 21,8°C, máxima media de 27,4°C, máxima absoluta de 39,9°C, y humedad relativa de 76,2%. La estación de invierno no

es muy fría, con temperatura media de 11,08°C, mínima media de 6,5 °C, mínima absoluta de -4,3 °C, y humedad relativa de 83% (IRAM, 2012).



**Figura 1** Ciclo anual y días típicos mensuales para la ciudad de La Plata, mediante PsiConf 1.0

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP posee 22 aulas taller agrupadas en ocho bloques construidos desde 1956 a la actualidad. Estas aulas taller albergan a más de 6.000 alumnos y 1.000 docentes durante 75 horas semanales, y requieren condiciones climáticas confortables para realizar las actividades propias de un edificio educativo.

Las aulas no cumplen con estándares mínimos de calidad térmica establecidos en normas nacionales de eficiencia energética edilicia y por eso se propone una mejora. Además se analiza el ciclo de vida de los materiales durante la operación del edificio, la energía incorporada a los mismos y las emisiones de CO<sub>2</sub> durante su fabricación.

El edificio analizado corresponde a uno de los ocho bloques de aulas, compuesto por las aulas 8, 9, con 423 m<sup>2</sup> y 3,75 m de alto cada una, y un subsuelo de 600 m<sup>2</sup> y 2,90m de alto (Figura 2). Entendiendo al bloque como un volumen único obtenemos un volumen total a calefaccionar de 4.640m<sup>3</sup> que presenta 960m<sup>2</sup> de envolvente en contacto con el exterior, de los cuales, el 56% corresponde a muros, el 44% a la cubierta y el 20% restante a las aberturas (Figura 3).

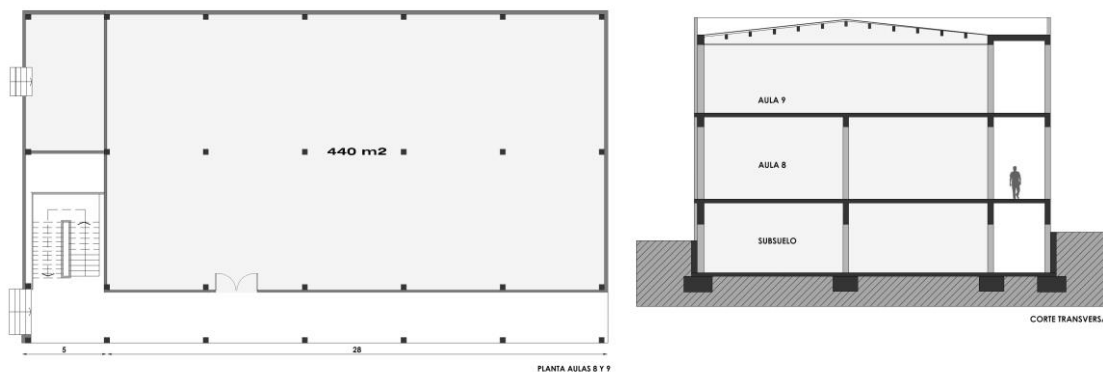


Figura 2: Planimetría. Fuente: elaboración propia.

La cubierta es de chapa, con cielorraso suspendido de vainillas de aluminio, separados por un ático sin ventilación, con 5 cm de lana de vidrio como aislación (Figura 7). La envolvente vertical se materializa con un muro simple de ladrillos huecos cerámicos de 12x18x33cm sin aislación térmica, con un azotado hidrófugo exterior y terminaciones de revoque grueso y fino pintado con pintura látex de color claro en ambas caras (Figura 8).



Figura 3: Bloque de aulas analizado. Fuente: elaboración propia.

El subsuelo posee parte de su envolvente enterrada en donde presenta además un muro de 25cm de ladrillos cerámicos macizos de 5x12x25cm con una cámara de aire no ventilada y las aislaciones hidrófugas necesarias (Figura 9). Las puertas de chapa y ventanas de vidriado simple todas con carpinterías de chapa doblada (Figura 10).

## Metodología

El caso de estudio propuesto presenta criterios de construcción tradicional que no satisfacen el Nivel C de confort, el más bajo de la Norma IRAM 11.605. Con el objetivo de alcanzar el Nivel B+ para muros y techos se calcula la cantidad de aislamiento térmico necesario y las capas a adicionar. Se adopta como material de aislamiento en muros planchas de EPS de 30 Kg/m<sup>3</sup> y lana de vidrio de 30 kg/m<sup>3</sup> para techos, sustitución de las puertas y ventanas actuales por DVH con marcos de PVC. El decreto 1030/10 exige un Nivel B como mínimo (Figura 4), mientras que el nivel B+ es una variante superadora, ya que es el promedio entre el Nivel A y el Nivel B.

Para verificar la ventaja de adicionar aislamiento térmico se comparan dos escenarios posibles: el bloque de aulas sin ninguna mejora (sin aislamiento), y con las mejoras en muros, techo y aberturas (con aislamiento).

A tal fin, el análisis del coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas  $G_{cal}$  permite cuantificar la reducción global de pérdidas a través de la envolvente en ambos escenarios (IRAM, 2001) y a posteriori calcular la carga térmica de calefacción anual de los distintos escenarios para el mismo edificio acondicionado durante 14hs del día en los meses de calefacción. Esta comparación permite determinar el ahorro como consecuencia de las mejoras sobre la envolvente del edificio.

Niveles de confort definidos por IRAM 11605	Valores de Kmax adm	
	para Tmin dis = -2,5 °C, en W/m <sup>2</sup> K	
	MUROS	TECHOS
Nivel A	0,34	0,29
Nivel B+	0,62	0,52
Nivel B	0,93	0,75
Nivel C		

Figura 4: Valores de Transmitancia térmica máxima. Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el impacto de la incorporación de materiales que necesarios para alcanzar el Nivel B+, se utiliza como referencia la Norma ISO 14.040 que plantea un método de análisis de impacto ambiental elaborado en función del sector industrial (EN-ISO, 2006).

El procedimiento se estructura en tres etapas: en la primera se realiza el cómputo detallado de todos los materiales utilizados en la ejecución de ambos escenarios, tanto para estructura, cerramientos verticales, horizontales y carpinterías; sin contemplar instalaciones ni ciertos



rubros de escaso peso significativo. Se cuantifica en kg por m<sup>2</sup> construido cada uno de los materiales de construcción consumidos en su ejecución. En la segunda etapa se calcula el consumo energético, expresado en MJ/kg, requerido en el proceso de fabricación de 1 kg de cada material implicado en la ejecución, y las emisiones de CO<sub>2</sub> que estos producen. En la tercera etapa se cuantifica el consumo energético por m<sup>2</sup> de superficie construida y las emisiones de CO<sub>2</sub> en kilogramos derivados de la fabricación de los materiales utilizados.

La aplicación de este método de cálculo simplificado en los casos de estudio, aporta información respecto a los materiales de construcción, subsistemas y elementos constructivos que generan mayor impacto, permitiendo visualizar la influencia que presenta la superficie construida en cuanto al daño ambiental generado, permitiendo identificar y cuantificar tanto los materiales de construcción como los subsistemas constructivos de mayor impacto en términos energéticos y emisores de CO<sub>2</sub>.

Debido a la falta de datos relacionados a la evaluación energética y de emisiones de CO<sub>2</sub> de los materiales constructivos en Argentina, para el desarrollo de este trabajo, utiliza las bases españolas de ITeC (2009). Estos datos recogen el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> que demanda la fabricación de 168 materiales empleados comúnmente en la construcción de edificios, sin incluir los transportes asociados ni puesta en obra. Se destaca que los valores que brinda esta base de datos corresponden a la matriz energética de España, por ende, los resultados son estimativos que sirven para visualizar el impacto ambiental y obtener una comparación aproximada de las emisiones de cada sistema propuesto.

ELEMENTO	PESO	CONSUMO MJ / KG	EMISIONES CO2 / KG	ENERGÍA EN FABRICACIÓN KWH	EMISIONES FABRICACIÓN CO2
<b>ESTRUCTURA H° A°</b>					
1-ARENA	239.421,00 Kg	0,10	0,030	6.651,1	7.182,6
2-CEMENTO	79.807,00 Kg	4,36	0,411	96.662,9	32.807,9
3-PIEDRA 6/20MM	239.421,00 Kg	0,18	0,018	11.972,0	4.309,6
4 -ACERO	20.020,60 Kg	35	2,960	194.660,3	59.261,0
<b>ENVOLVENTE VERTICAL</b>					
1-CAL	10.272,40 Kg	3,43	0,323	9.788,1	3.317,9
2-CERESITA	187,68 Kg	93	13,727	4.848,8	2.576,2
3-LADRILLO 12*18*33	62.478,00 Kg	2,9	0,057	50.333,5	3.561,2
4 -LADRILLO COMÚN	34.845,00 Kg	2,9	0,057	28.071,8	1.986,2
5- CEMENTO	18.453,16 Kg	4,36	0,411	22.350,6	7.585,9
6-ARENA	160.416,30 Kg	0,10	0,030	4.456,4	4.812,5

<b>ENVOLVENTE HORIZONTAL</b>						
1-ESCOMBRO	48.114,30	Kg	0,1	0,030	1.336,6	1.443,4
2-CAL	3.599,70	Kg	3,43	0,323	3.430,0	1.162,7
3-ARENA	59.319,00	Kg	0,10	0,030	1.647,9	1.779,6
4-CEMENTO	10.748,40	Kg	4,36	0,411	13.018,5	4.418,6
5-PLACAS DE YESO	3.704,50	Kg	2,57	0,240	2.644,8	888,6
6-PERFILERIA	770,00	Kg	39,9	3,915	8.534,8	3.014,2
7-CUBIERTA CHAPA	1.903,50	Kg	65	6,364	34.371,5	12.113,8
8- AISLACION LANA DE VIDRIO 5CM	725,02	Kg	22	8,800	4.431,0	6.380,2
<b>CARPINTERIA</b>						
1-MARCO DE CHAPA DOBLADA	195,94	Kg	24,4	1,950	1.324,3	382,1
2-VIDRIO SIMPLE	2.645,19	Kg	15,9	0,937	11.650,2	2.479,2

Figura 5. Cômputo de impacto en Bloque en Escenario sin aislamiento

ELEMENTO	PESO		CONSUMO MJ / KG	EMISIONES CO2 / KG	KWH/M2	CO2 KG/M2
<b>ESTRUCTURA H° A°</b>						
1-ARENA	239421,00	Kg	0,10	0,03	6.651,1	7.182,6
2-CEMENTO	79.807	Kg	4,36	0,41	96.662,9	32.807,9
3-PIEDRA 6/20MM	239.421	Kg	0,18	0,02	11.972,0	4.309,6
4 -ACERO	20.021	Kg	35	2,96	194.660,3	59.261,0
<b>ENVOLVENTE VERTICAL</b>						
1-CAL	14.679	Kg	3,43	0,32	13.986,8	4.741,1
2-CERESITA	188	Kg	93	13,73	4.848,8	2.576,2
3-LADRILLO 12*18*33	62.478	Kg	2,9	0,06	50.333,5	3.561,2
4 -LADRILLO COMÚN	34.845	Kg	2,9	0,06	28.071,8	1.986,2
5- CEMENTO	23.431	Kg	4,36	0,41	28.379,5	9.632,2
6-ARENA	204.480	Kg	0,10	0,03	5.680,5	6.134,4
7- POLIURETANO EXPANDIDO 3,5 CM	334	Kg	117	17,27	10.855,2	5.767,6
<b>ENVOLVENTE HORIZONTAL</b>						
1-ESCOMBRO	48.114	Kg	0,1	0,03	1.336,6	1.443,4
2-CAL	3.600	Kg	3,43	0,32	3.430,0	1.162,7
3-ARENA	59.319	Kg	0,10	0,03	1.647,9	1.779,6
4-CEMENTO	10.748	Kg	4,36	0,41	13.018,5	4.418,6
5-PLACAS DE YESO	3.705	Kg	2,57	0,24	2.644,8	888,6
6-PERFILERIA	770	Kg	39,9	3,91	8.534,8	3.014,2
7-CUBIERTA CHAPA	1.904	Kg	65	6,36	34.371,5	12.113,8
8- AISLACION LANA DE VIDRIO 5CM	725	Kg	22	8,80	4.431,0	6.380,2
8- AISLACION LANA DE VIDRIO 5CM	725	Kg	22	8,80	4.431,0	6.380,2

CARPINTERIA						
1-MARCO DE PVC	210	Kg	70	1,95	4.065,2	408,8
2-VIDRIO DOBLE	4.409	Kg	15,9	0,94	19.417,0	4.132,1

Figura 6. . Cômputo de impacto en Bloque en Escenario con aislamiento

Finalmente, se realiza para cada uno de los escenarios un cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la operación del equipo de calefacción durante 20 años. Dado que la calefacción en este bloque de aulas es a gas natural, se convierte la demanda de energía primaria calculada a este combustible, y su correspondiente equivalencia en emisiones de CO<sub>2</sub>. Se estima que 56 kg de CO<sub>2</sub> son el residuo de cada Giga Joule utilizado para calefacción, equivalente a 277,77 kWh (REUS NETTO, 2019). En el escenario con aislamiento se incluyen las emisiones de los materiales incorporados para alcanzar el nivel B+.

## Resultados

En base al análisis de los elementos constructivos de cada una de las partes de la envolvente se propusieron las siguientes soluciones técnicas para alcanzar el Nivel B+ propuesto por la Norma IRAM 11.605. El cerramiento horizontal alcanzaría el Nivel B+ (0,52W/m<sup>2</sup>K) mediante la incorporación de 5 cm de lana de vidrio de 30 Kg/m<sup>3</sup> (Figura 7). El cerramiento vertical opaco alcanzaría el nivel propuesto (0,62W/m<sup>2</sup>K) incorporando 3,5 cm de EPS de 30 Kg/m<sup>3</sup> (Figura 8 y Figura 9). Las ventanas se reemplazan por marcos de PVC con doble vidriado hermético 4+15+4, baja emisividad y cámara hermética con argón, que resulta en una transmitancia de 1,59 W/m<sup>2</sup>K (Figura 10).

CAPA DE ELEMENTO CONSTRUCTIVO: Cubierta de chapa		e espesor	λ coeficiente de conductividad térmica	R resistencia térmica
		m	W/m.K	m <sup>2</sup> K/W
1	Entablonado de madera terciada	0,02	0,19	0,11
2	Barrera de vapor (Film de PE 150 micrones)	---	---	0,00
3	Aislación Lana de Vidrio	0,05	0,045	1,11
4	Chapa de acero galvanizado	0,005	58	0,29
5	Cielorraso vainillas de aluminio	0,005	---	0,14
6	Ático sin ventilar	~0,66	---	1,22
Resistencia total sin aislar				<b>1,79</b>
Transmitancia térmica del componente sin aislar. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>0,56</b>



7	Aislación Lana de Vidrio	0,05	0,045	1,11
Resistencia total con aislación				<b>3,01</b>
Transmitancia térmica del componente con aislación. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>0,33</b>

Figura 7: Características del techo (IRAM 11.601). Fuente: elaboración propia.

CAPA DE ELEMENTO CONSTRUCTIVO: Muro ladrillo hueco cerámico 0,15m		e espesor	$\lambda$ coeficiente de conductividad térmica	R resistencia térmica
		m	W/m.K	m <sup>2</sup> K/W
1	Revoque Fino interior	0,005	0,49	0,01
2	Revoque grueso interior	0,02	0,93	0,02
3	Ladrillo cerámico 12x18x33	0,12	---	0,36
4	Azotado hidrófugo	0,005	1,13	0,00
5	Revoque Fino exterior	0,005	0,49	0,01
6	Revoque grueso exterior	0,02	0,93	0,02
Resistencia total sin aislar				<b>0,60</b>
Transmitancia térmica del componente sin aislar. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>1,67</b>
7	EPS densidad 30kg/m3	0,035	0,032	1,09
Resistencia total con aislación				<b>1,69</b>
Transmitancia térmica del componente con aislación. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>0,59</b>

Figura 8: Características de la envolvente vertical (IRAM 11.601). Fuente: elaboración propia.

CAPA DE ELEMENTO CONSTRUCTIVO: Submuración		e espesor	$\lambda$ coeficiente de conductividad térmica	R resistencia térmica
		m	W/m.K	m <sup>2</sup> K/W
1	Revoque Fino interior	0,005	0,49	0,01
2	Revoque grueso interior	0,02	0,93	0,02
3	Ladrillo cerámico 12x18x33	0,12	---	0,36
4	Azotado hidrófugo	0,005	1,13	0,00
5	Barrera de vapor (Film de PE 150 micrones)	0,0015	---	0
6	Cámara de aire no ventilada	0,02	---	0,16
7	Ladrillo macizo "visto"	0,25	0,91	0,23
Resistencia total sin aislar				<b>0,95</b>

Transmitancia térmica del componente sin aislar. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>1,05</b>
8	EPS densidad 30kg/m3	0,025	0,032	0,78
Resistencia total con aislación				<b>1,73</b>
Transmitancia térmica del componente con aislación. $K (W/m^2.K) = 1/R$				<b>0,58</b>

Figura 9: Características de la envolvente submurada (IRAM 11.601). Fuente: elaboración propia.

TIPOLOGÍA		Transmitancia térmica K	Categoría de aislación
Perfilería	Vidriado		
Ventana chapa doblada	Vidrio simple 6mm	5,86 W/(m <sup>2</sup> K)	No clasifica
Ventana simple PVC de 2 cámaras	DVH low E con argón 4-15-4 mm	1,59 W/(m <sup>2</sup> K)	K3

Figura 10: Características de la envolvente vidriada (IRAM 11.507). Fuente: elaboración propia.

Los escenarios planteados reflejan un coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11.604) de 0,94 W/m<sup>3</sup>K (con aislamiento) y 1,45 W/m<sup>3</sup>K (sin aislamiento). Para el mismo edificio climatizado 14hs del día durante toda la temporada de calefacción la demanda de energía es 158.224,5 kWh/año en el escenario sin aislamiento, mientras que en el escenario mejorado es 102.573,1 kWh/año, por lo tanto, el ahorro derivado de la mejora en la resistencia térmica de la envolvente del bloque de aulas es del 35% (Figura 11).

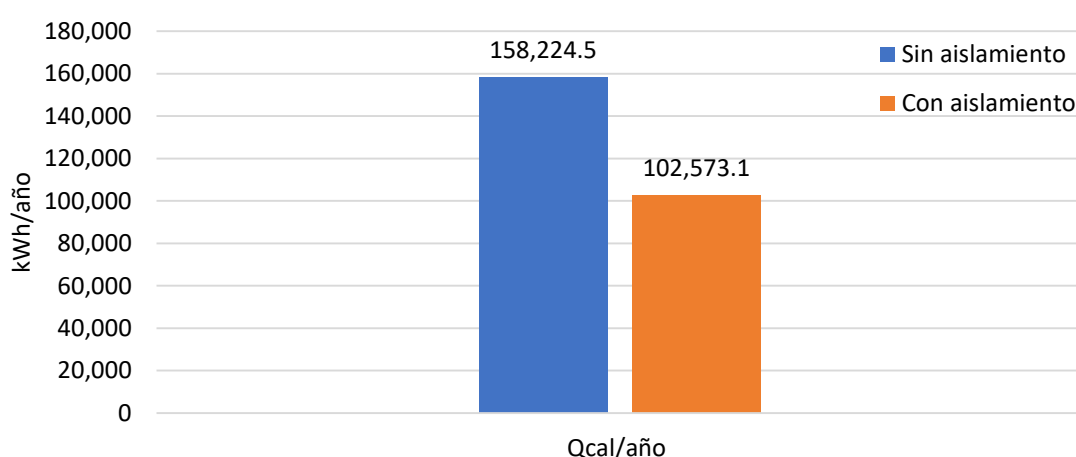


Figura 11: Demanda energética para calefacción (IRAM 11.604). Fuente: elaboración propia.

El análisis simplificado del ciclo de vida de los materiales, su cálculo de contenido energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> en ambos escenarios involucra la base de datos iTeC y el cómputo en kg de cada material que conforma el bloque.

La incorporación de las capas de aislamiento térmico en la envolvente, con el reemplazo de aberturas y las terminaciones correspondientes, al margen de mejorar la demanda energética en calefacción, incrementa en un 11% la energía incorporada al bloque respecto del escenario inicial sin aislamiento. Las mejoras tienen diferente incidencia según el subsistema observado: mientras que la estructura no sufre modificaciones, las aberturas que reemplazan las existentes prácticamente duplican (81%) el consumo de energía en su fabricación respecto de las originales. La incorporación de EPS en muros junto con las terminaciones incrementa en un 18% el muro original; y los 5cm de lana de vidrio adicionales representan un aumento del 6% respecto de la cubierta original (Figura 12).

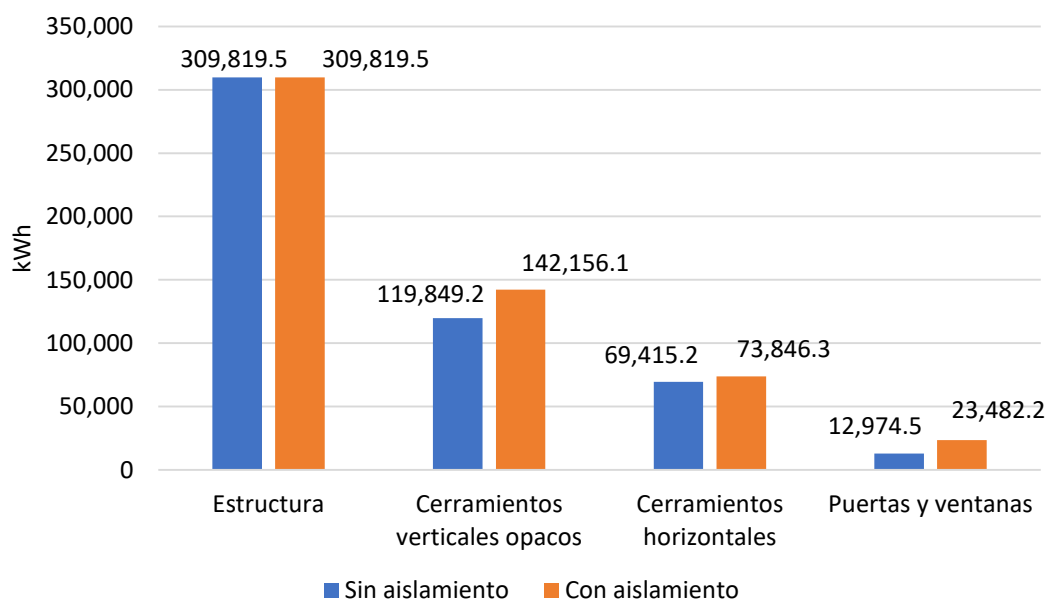


Figura 12: Demanda energética en la fabricación del material

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presentan un incremento muy similar al de demanda de energía en fabricación, ya que en la base de datos iTeC se manifiesta una proporcionalidad entre demanda de energía en fabricación del material y emisiones de CO<sub>2</sub> por kilogramo de material fabricado (ITEC, 2019). Mientras que la estructura no sufre modificaciones, la fabricación de las nuevas aberturas emite un 59% más de CO<sub>2</sub> respecto de las aberturas

existentes; la lana de vidrio utilizada para mejorar la resistencia térmica de la cubierta emite un 20% más que el escenario inicial, y el material agregado a muros emite un 44% más (Figura 13).

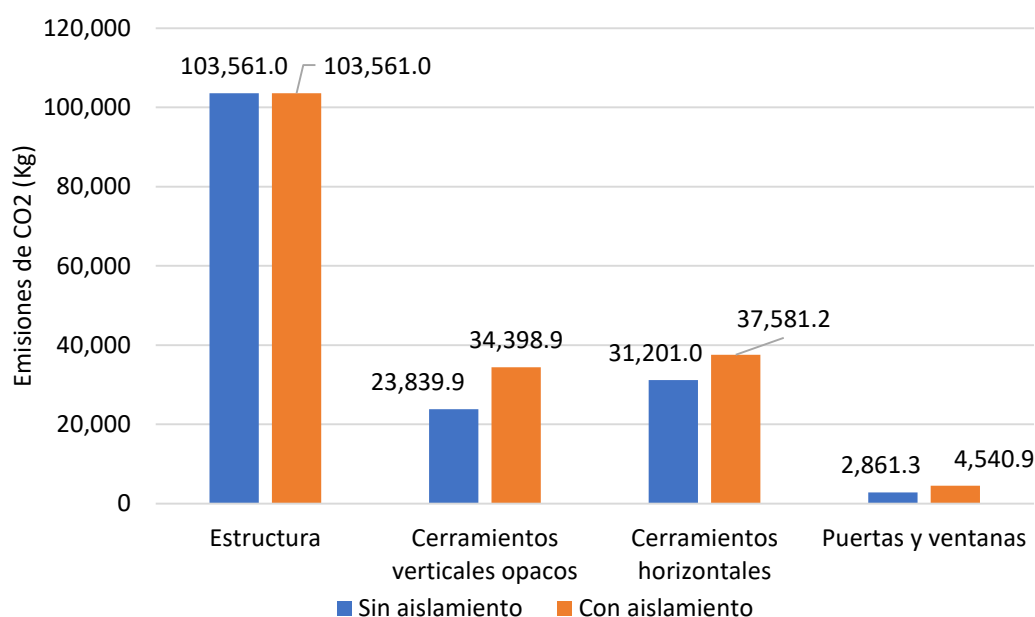


Figura 13. Emisiones de CO<sub>2</sub>

En la Figura 14 se proyectan las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas durante 20 años de la operación del equipamiento de calefacción a gas natural del bloque de aulas para cada escenario. Las emisiones de CO<sub>2</sub> consideradas son las debidas al uso de equipamiento de calefacción, y se acumulan año a año. La recta azul, que representa el escenario sin aislamiento, posee una mayor pendiente, es decir, que el incremento de consumo y emisiones es más pronunciado que en la recta naranja, que representa al escenario mejorado con aislamiento.

Sin embargo, se evidencia que el escenario mejorado presenta una mayor emisión inicial alcanzando 66.000 Kg de CO<sub>2</sub> respecto del escenario sin aislamiento, cuya emisión es de 32.000 Kg de CO<sub>2</sub>. Esto se debe a la incorporación de materiales como el PVC y el EPS, que requieren de un consumo elevado de energía para su fabricación, y eso impacta en las emisiones. A su vez, estos materiales, tienen un buen desempeño térmico, y es gracias a éstos que el costo de operación año a año se reduce. El mejor desempeño térmico reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la operación de la calefacción, y provoca que en un corto plazo de 3 años se neutralice

el impacto inicial de los materiales incorporados y, a partir de este punto de inflexión, se eviten las emisiones de CO<sub>2</sub> que se hubieran tenido lugar en el escenario sin aislamiento.

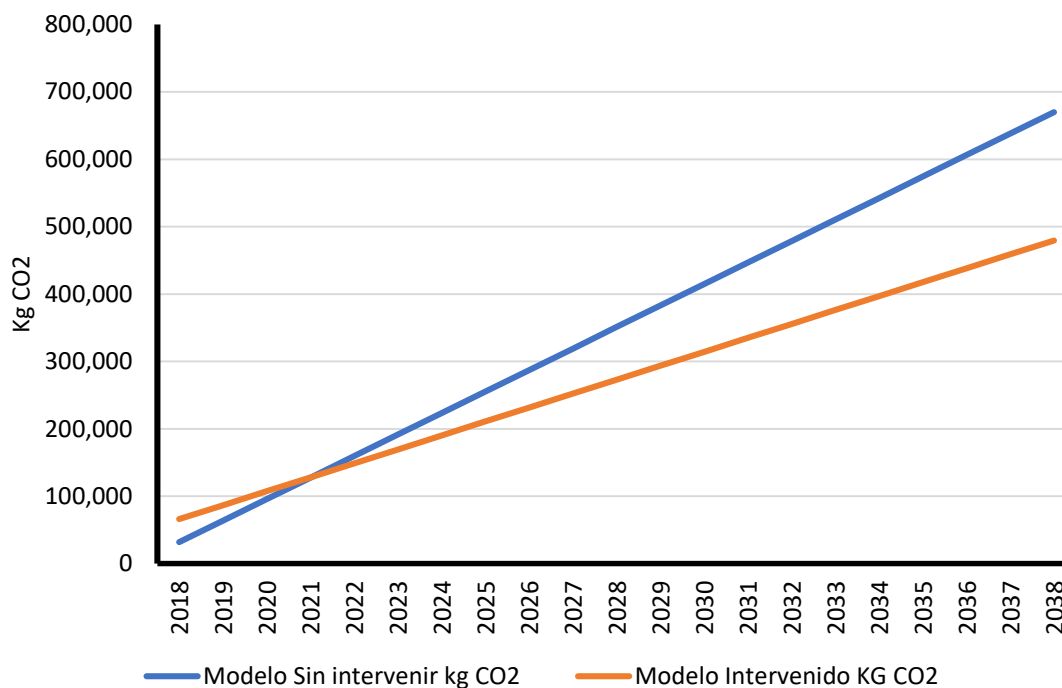


Figura 14. Proyección emisiones durante 20 años de operación

## Conclusión

El presente trabajo calcula las mejoras a efectuarse en un bloque de aulas en La Plata, Argentina, para alcanzar el nivel de aislamiento acorde a las normativas actuales locales, y su impacto ambiental acorde al ciclo de vida de los materiales. Se plantean dos escenarios a comparar: uno sin aislamiento que es la versión actual del bloque sin modificaciones, y un escenario con aislamiento, que es el que satisface el nivel B+ de la normativa IRAM. El conjunto de normas IRAM ha permitido calcular el espesor de aislamiento preciso alcanzar el nivel, mientras que el impacto ambiental se determina mediante la norma ISO 14.040 y una base de datos española. Los resultados indican que la incorporación de materiales con buen aislamiento térmico como el EPS en muros y el PVC en aberturas, incrementan significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> ya que se requiere de mucha energía para producirlos. Sin embargo, el ahorro de energía en calefacción que permiten realizar es importante, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de gas natural para calefaccionar. La carga ambiental inicial que implica la mejora, a priori



es excesiva, pero queda neutralizada en sólo 3 años al incorporar al análisis el consumo en operación del edificio. r

Nota: El grupo integra el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Nacional de La Plata. Los investigadores y becarios doctorales y postdoctorales pertenecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Un becario pertenece a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

## Referencias

EN-ISO. 14040:2006 **Gestion ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia**, 2006.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Decreto reglamentario N° 1030/10 de la Ley N° 13059 "Condiciones de Acondicionamientos Térmico exigibles en la construcción de edificios". . jul. 2010.

IRAM. IRAM 11605. **Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.**, 1996.

IRAM. 11604. **Aislamiento térmico de edificios Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites**, 2001.

IRAM. IRAM 11601. **Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.**, 2002.

IRAM. 11507-4: **carpintería de obra y fachadas integrales livianas: ventanas exteriores: parte 4: requisitos complementarios: aislamiento térmico**, 2010.

IRAM. IRAM 11603. **Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.**, 2012.

ITEC. **BEDEC - Bases de datos con información de productos de la construcción**. 2019. Disponible em: <<https://itec.es/servicios/bedec/#bancitec>>. Acceso em: 29 ago. 2019.

LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. **Ley 13059 Condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios**. La Plata.

MERCADER MOYANO, M. del P.; OLIVARES SANTIAGO, M.; RAMÍREZ DE ARELLANO AGUDO, A. **Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO2 producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto**. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010.

REUS NETTO, G. **Metodología de cálculo simplificado para el consumo energético en acondicionamiento de edificios residenciales en clima templado**. 2019. Universidad Nacional de La Plata, [s. l.], 2019.